

Детектор лиц на основе  
метода  
Виолы-Джонса

# Постановка задачи

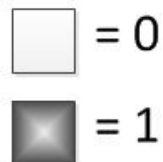
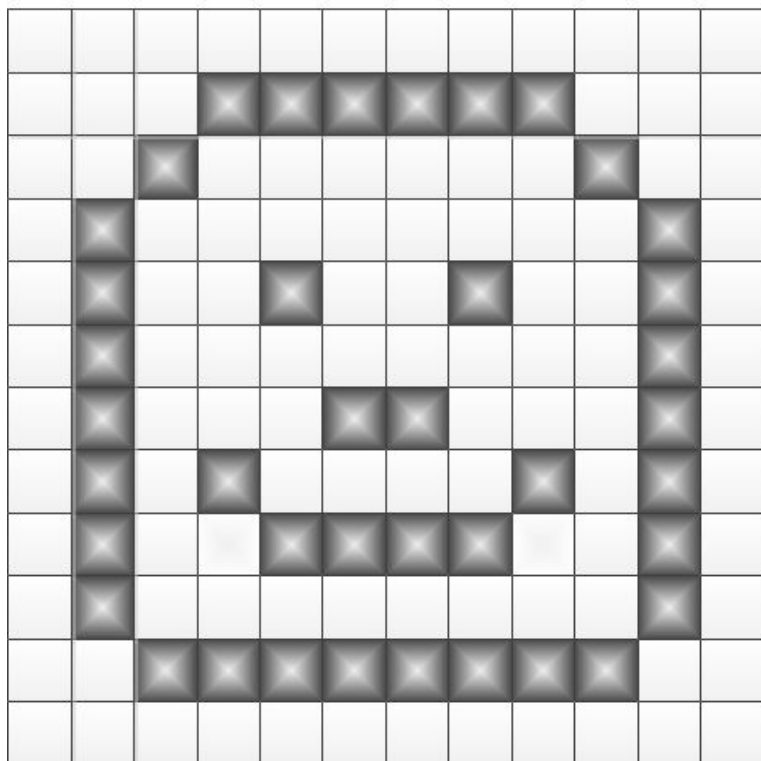
- Дано растровое изображение с камеры
- Необходимо определить наличие объекта заданного класса на изображении.
- Необходимо определить его положение.
- Необходимо быстроедействие 20-50 мс на кадр.

# Обзор

- Общий обзор метода
- Признаки (особенности) (англ. Features)
- Интегральное изображение
- Выделение признаков
- Слабый классификатор
- Усиление классификаторов
- Каскады классификаторов
- Примеры работы

# Интегральное изображение

Исходное изображение

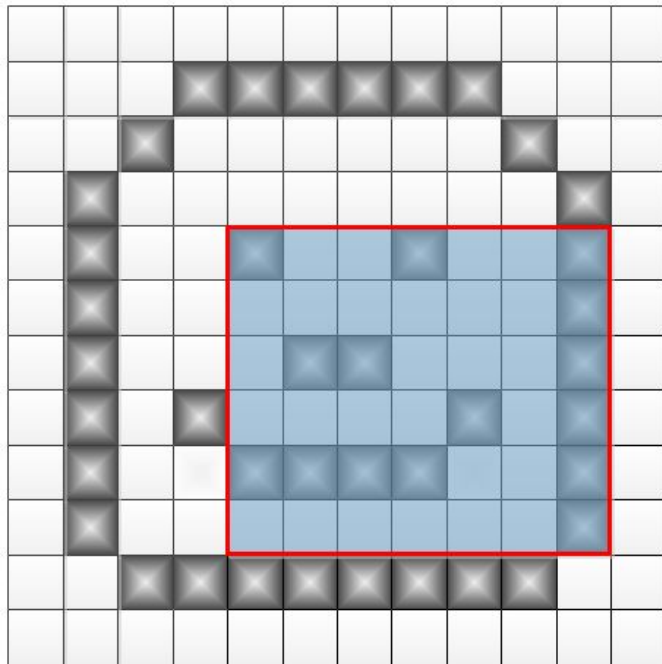


Интегральное изображение

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10
0	2	3	4	6	7	8	10	11	12	14	14
0	3	4	5	7	8	9	11	12	13	16	16
0	4	5	6	8	10	12	14	15	16	20	20
0	5	6	8	10	12	14	16	18	19	24	24
0	6	7	9	12	15	18	21	23	24	30	30
0	7	8	10	13	16	19	22	24	25	32	32
0	7	9	12	16	20	24	28	31	33	40	40
0	7	9	12	16	20	24	28	31	33	40	40

# Интегральное изображение

Исходное изображение



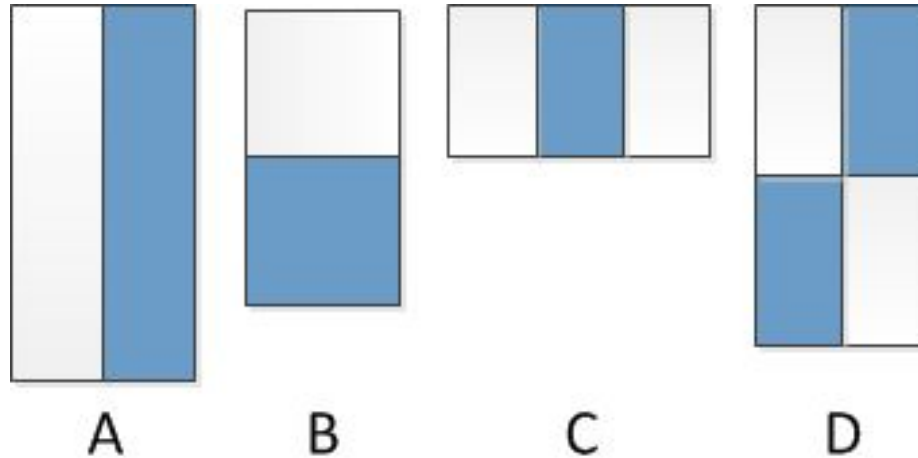
= 0  
 = 1

Интегральное изображение

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10
0	2	3	4	6	7	8	10	11	12	14	14
0	3	4	5	7	8	9	11	12	13	16	16
0	4	5	6	8	10	12	14	15	16	20	20
0	5	6	8	10	12	14	16	18	19	24	24
0	6	7	9	12	15	18	21	23	24	30	30
0	7	8	10	13	16	19	22	24	25	32	32
0	7	9	12	16	20	24	28	31	33	40	40
0	7	9	12	16	20	24	28	31	33	40	40

$$\text{Сумма} = (3+32) - (10+10) = 15$$

# Признаки



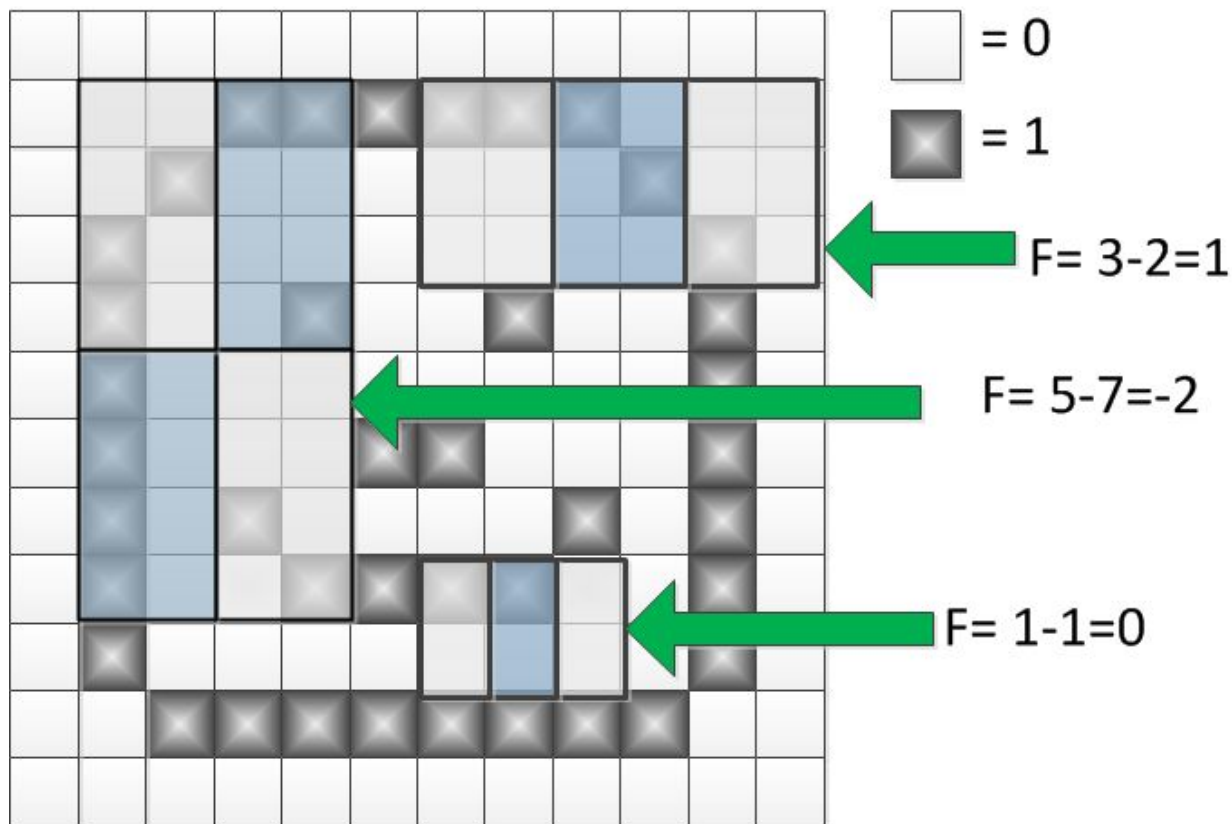
Значение признака  $F = X - Y$

Где  $X$  – сумма значений яркостей точек закрываемых светлой частью признака

$Y$  – сумма значений яркостей точек закрываемых темной частью признака

# Вычисление признаков

Исходное изображение  
(обычно 24x24 точки)



Количество вариантов расположения признаков в окне 24x24 около 160000 шт.

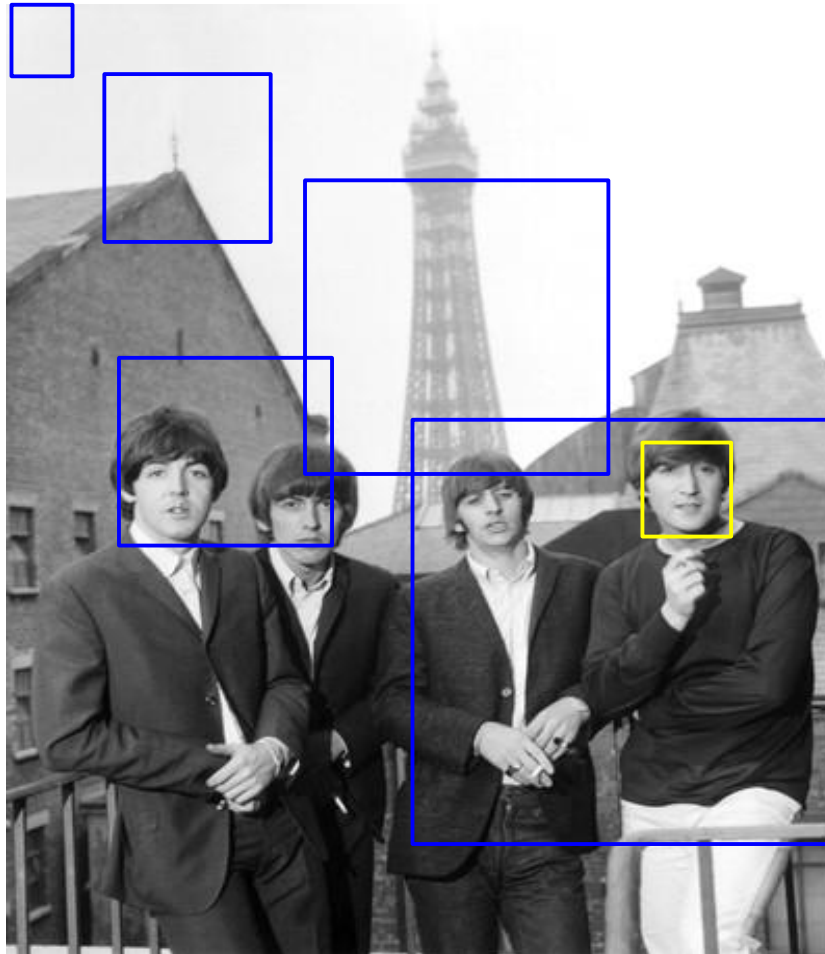
За счет изменения масштаба признаков и их положения в окне

# Окно сканирования

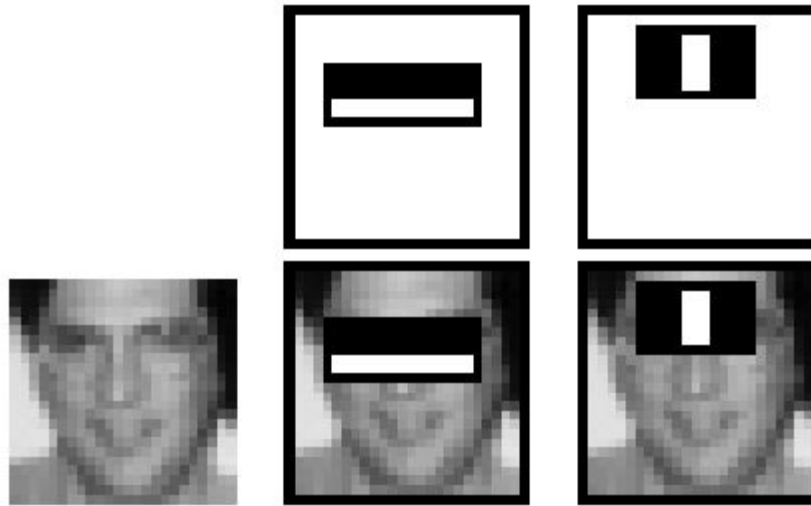




# Окно сканирования



# Классификация

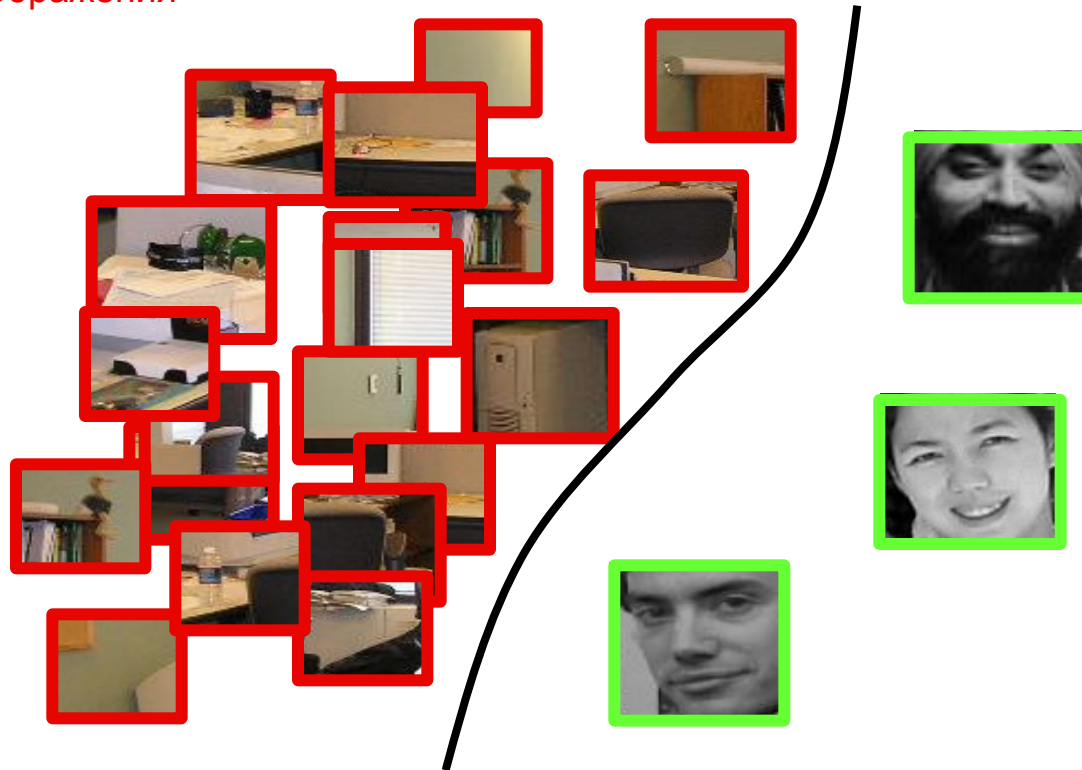


$$F(x) = \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \dots$$

$$f_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{если } g_i(x) > \theta_i \\ -1 & \text{иначе} \end{cases}$$

# Обучение

Фоновые  
изображения



Лица

Задача обучить классификатор, для  
выделения объектов.

# Обучение

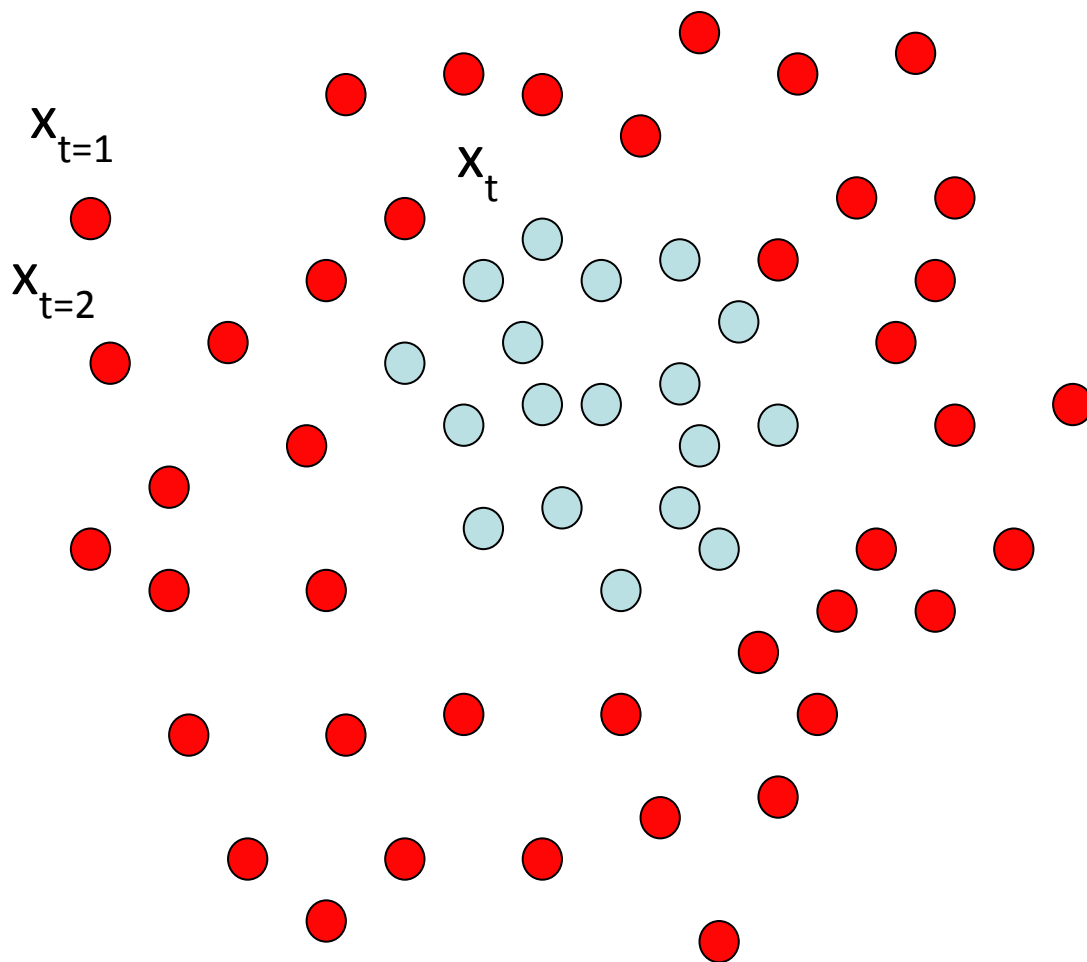
$$F(x) = \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 f_3(x) + \dots$$

↑      ↑      ↑      ↑  
Сильный      Слабый  
классификатор      классификатор  
ор      Весовой коэффициент  
Вектор (16000 мерный вычисленных  
признаков)

Целями обучения являются:

- обучение слабых классификаторов
- определение весов сильного классификатора
- определение порогового значения

# Бустинг



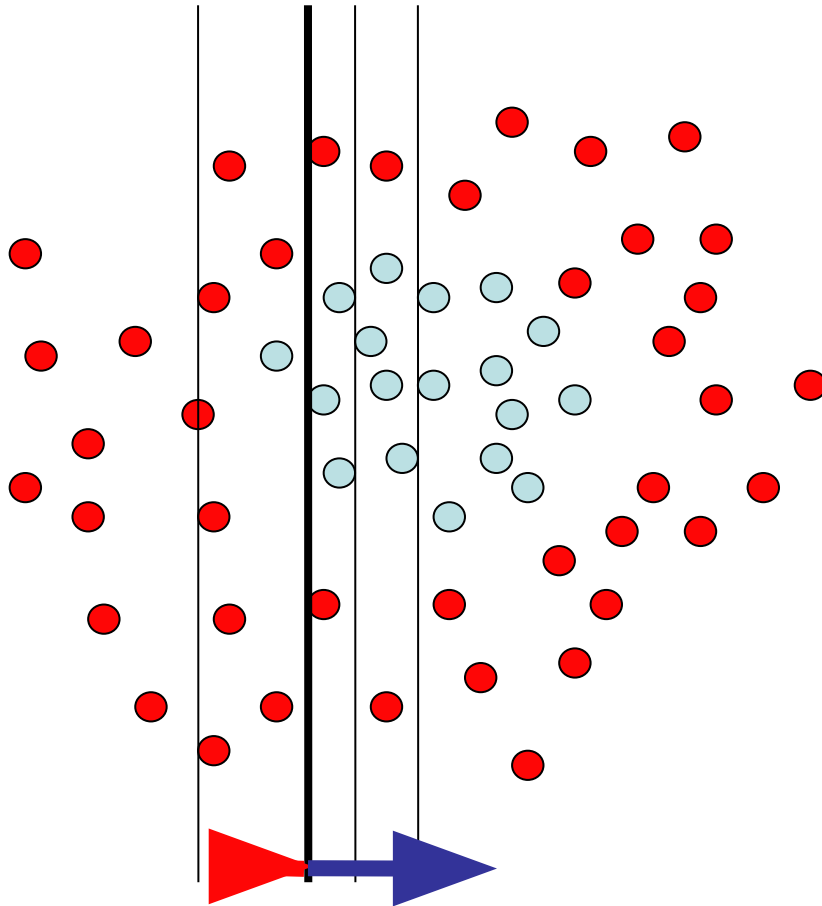
Каждая точка (здесь показаны двумерные точки, мы же имеем дело с многомерными, (по кол-ву признаков) ) относится к одному из классов;

$$y_t = \begin{cases} +1 (\bullet) \\ -1 (\circ) \end{cases}$$

и имеет

$$\text{вЕС: } w_t = 1$$

# Бустинг



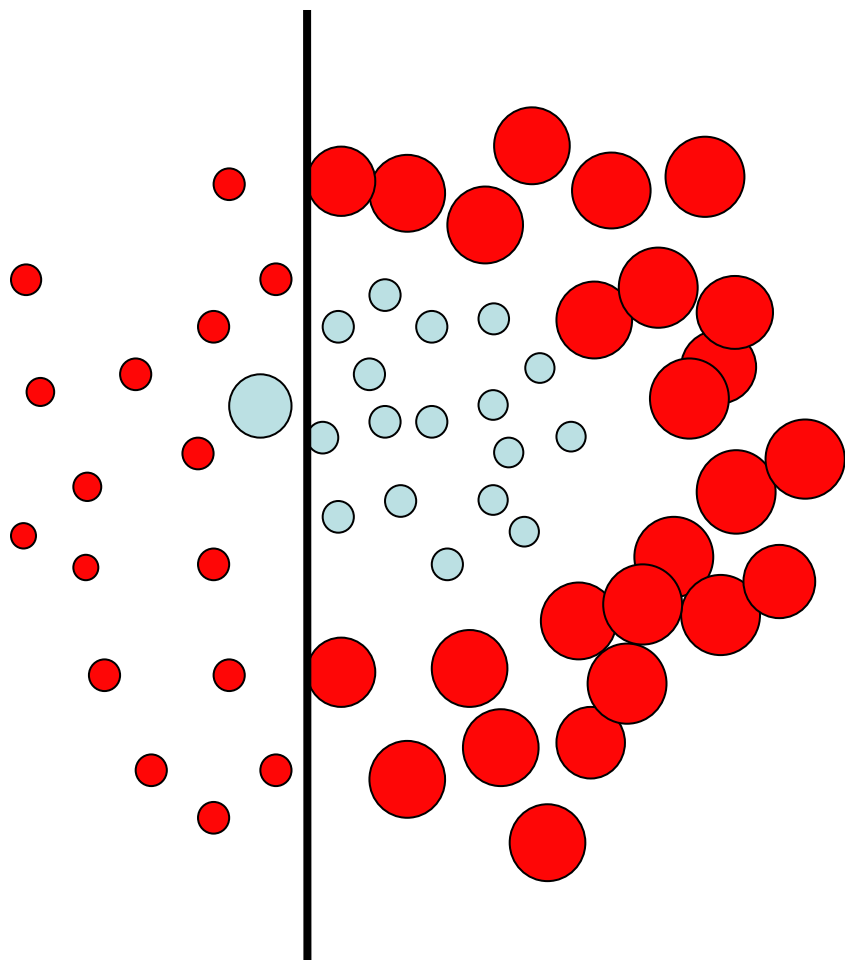
Каждая точка  
относится к  
одному из  
классов:  $+1$  (●)  
 $y_t = \begin{cases} +1 & (\text{red circle}) \\ -1 & (\text{blue circle}) \end{cases}$

и имеет  
 $w_t \approx 1$

Слабый классификатор может иметь эффективность чуть больше 0.5.

То есть, должен быть немного лучше чем гадание

# БУСТИНГ

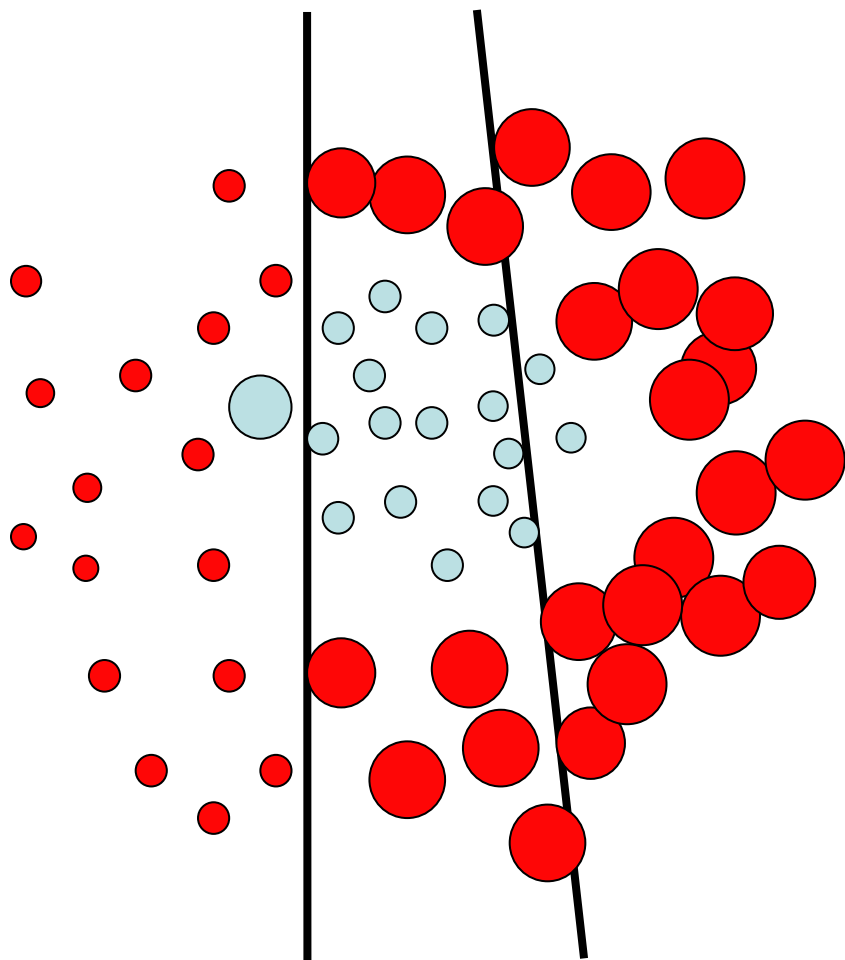


Каждая точка  
относится к  
одному из  
классов:

$$y_t = \begin{cases} +1 (\bullet) \\ -1 (\circ) \end{cases}$$

**Изменяем веса  
точек:**  
 $w_t \leftarrow w_t \exp\{-y_t H_t\}$

# БУСТИНГ



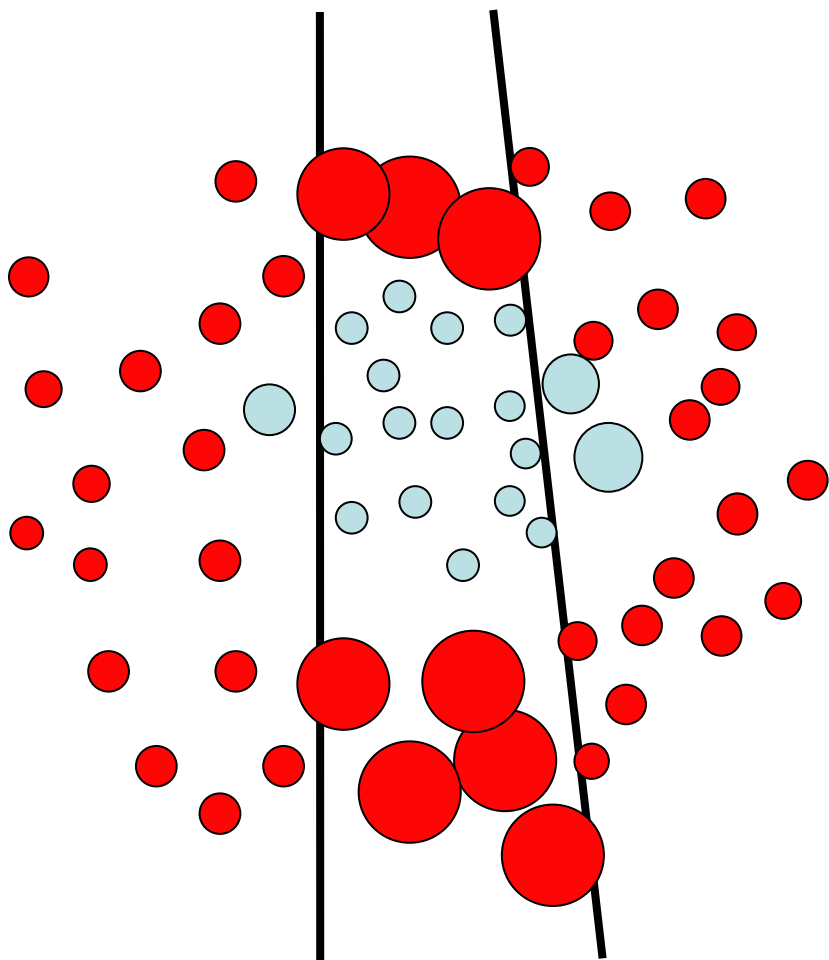
Каждая точка  
относится к  
одному из  
классов:

$$y_t = \begin{cases} +1 (\bullet) \\ -1 (\circ) \end{cases}$$

**Изменяем веса  
точек:**  
 $w_t \leftarrow w_t \exp\{-y_t H_t\}$



# БУСТИНГ

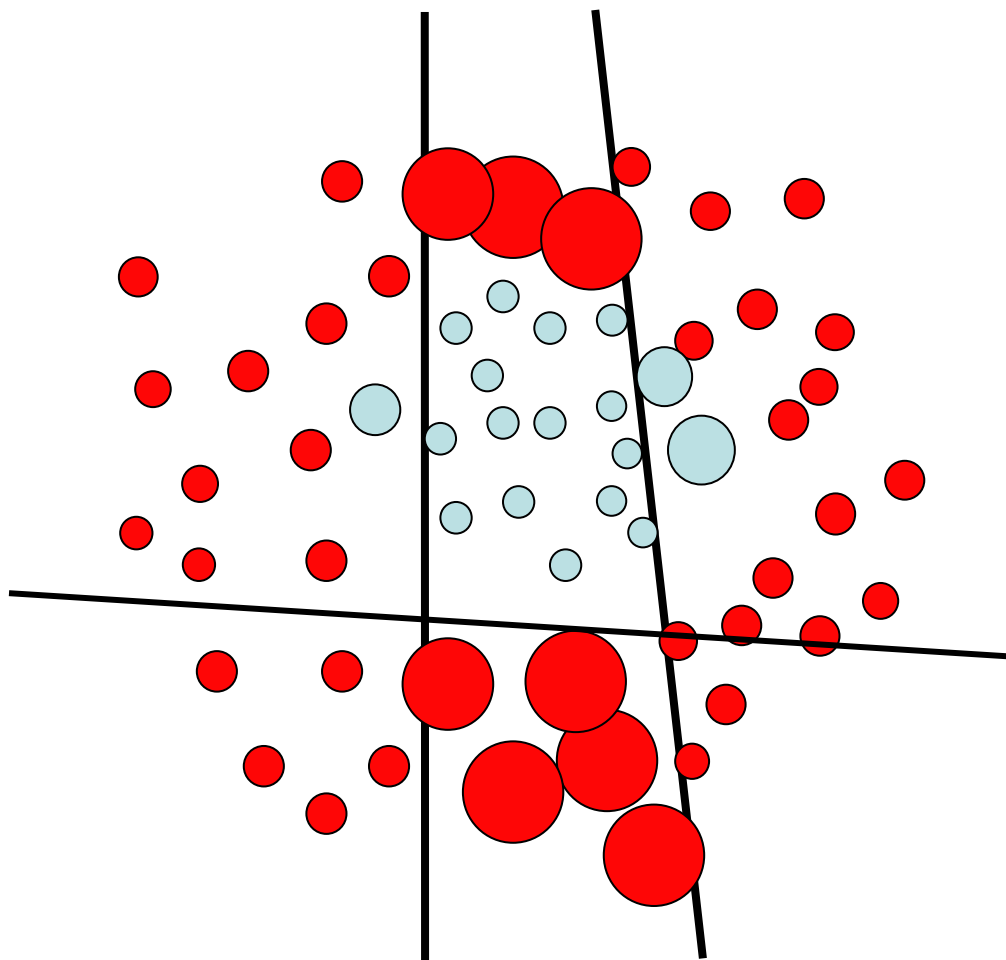


Каждая точка  
относится к  
одному из  
классов:

$$y_t = \begin{cases} +1 (\bullet) \\ -1 (\circ) \end{cases}$$

**Изменяем веса  
точек:**  
 $w_t \leftarrow w_t \exp\{-y_t H_t\}$

# БУСТИНГ

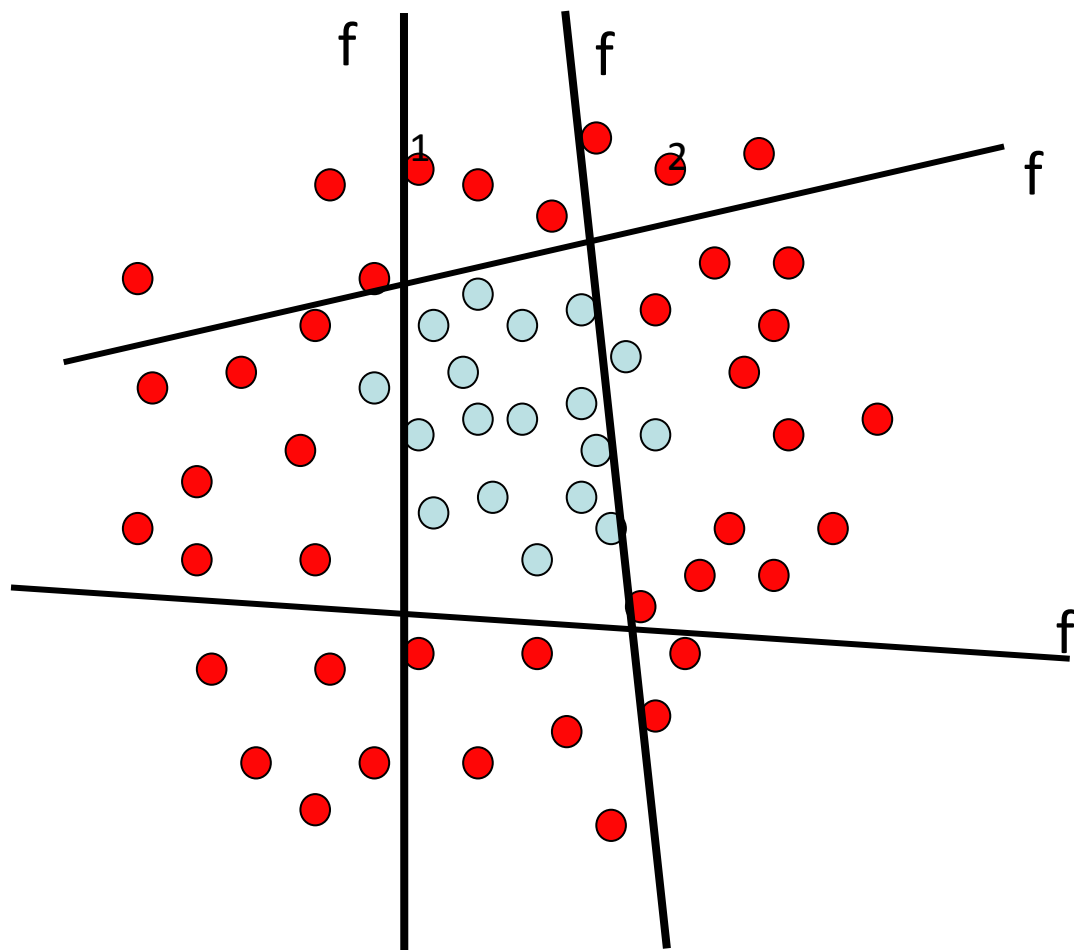


Каждая точка  
относится к  
одному из  
классов:

$$y_t = \begin{cases} +1 (\bullet) \\ -1 (\circ) \end{cases}$$

**Изменяем веса  
точек:**  
 $w_t \leftarrow w_t \exp\{-y_t H_t\}$

# Бустинг



4  
Сильный классификатор, построенный на основе комбинации слабых классификаторов

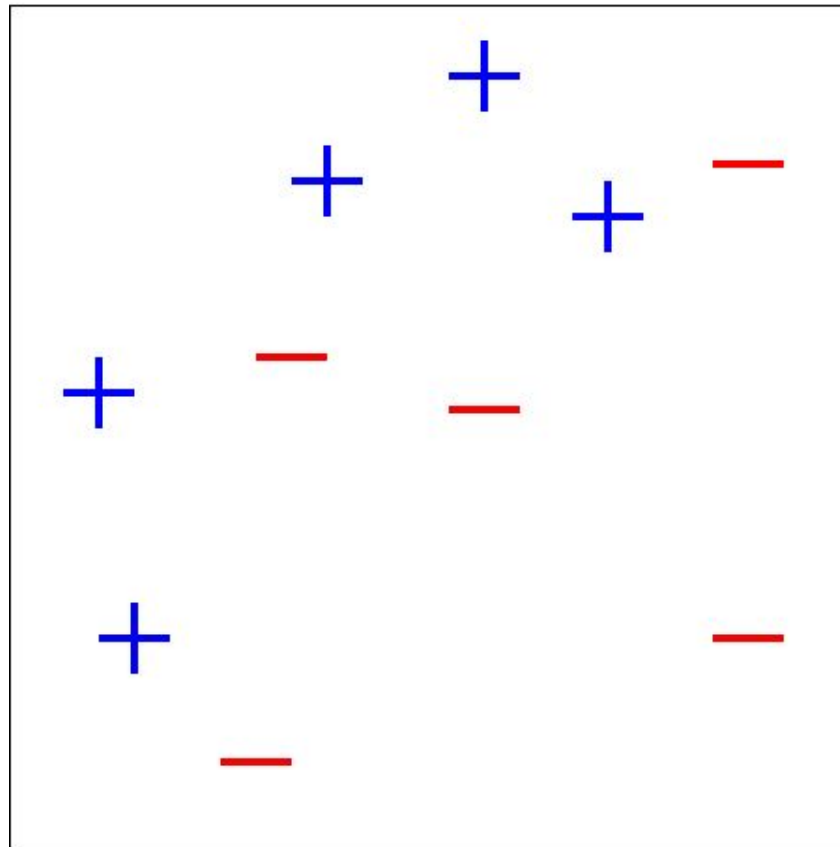
3

# Алгоритм

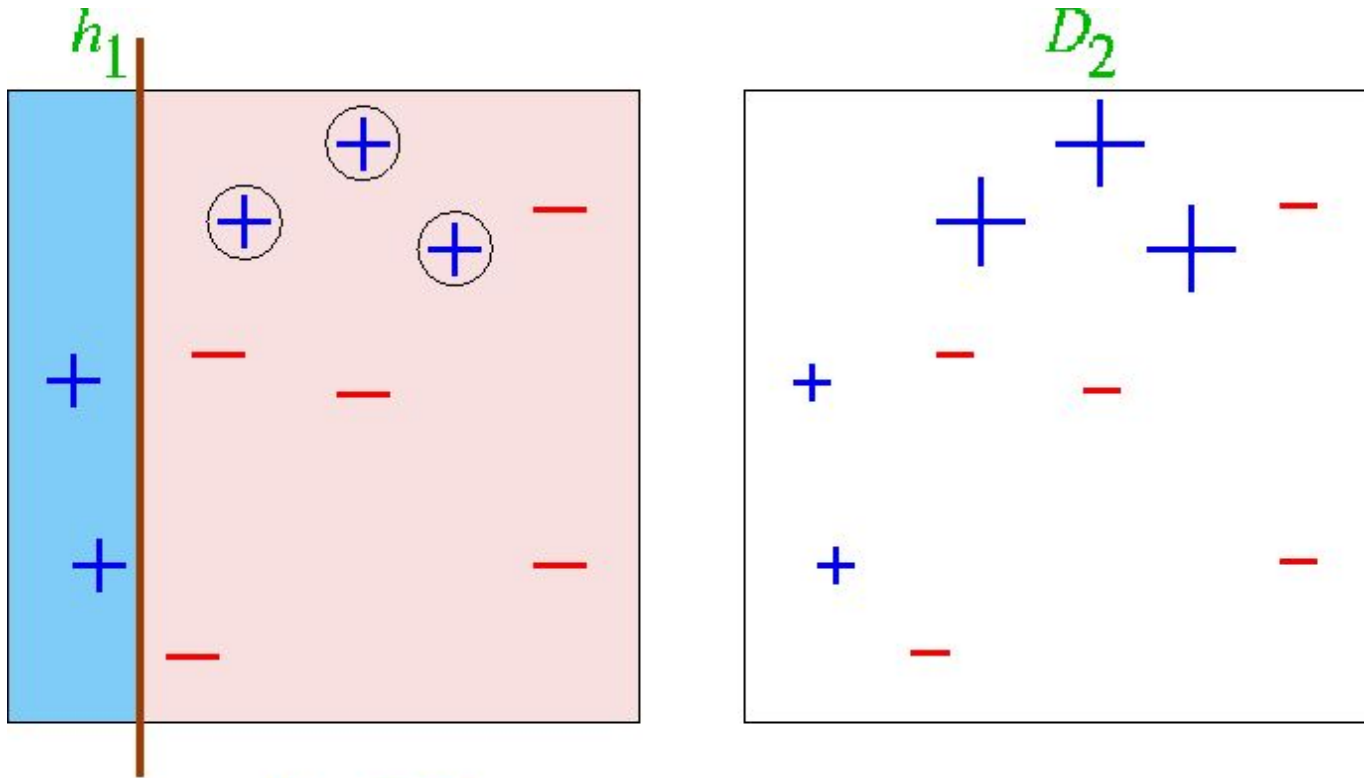
- Обучить первый слабый классификатор
- Классифицировать данные
- Посмотреть где он сделал ошибки
- Увеличить веса тех данных на которых ошибся классификатор
- Тренировать второй классификатор, на данных с измененными весами
- Скомбинировать первый и второй классификаторы
- Увеличить веса тех данных на которых ошибся комбинированный классификатор
- Обучить третий классификатор на данных с измененными весами
- Действуем аналогично для  $T$  классификаторов
- Окончательный результат – комбинация  $T$  слабых классификаторов.

# Еще раз

$D_1$



# Обучение



$$D_1(i) = 1/m$$

$$\epsilon_1 = 0.30$$

$$\alpha_1 = 0.42$$

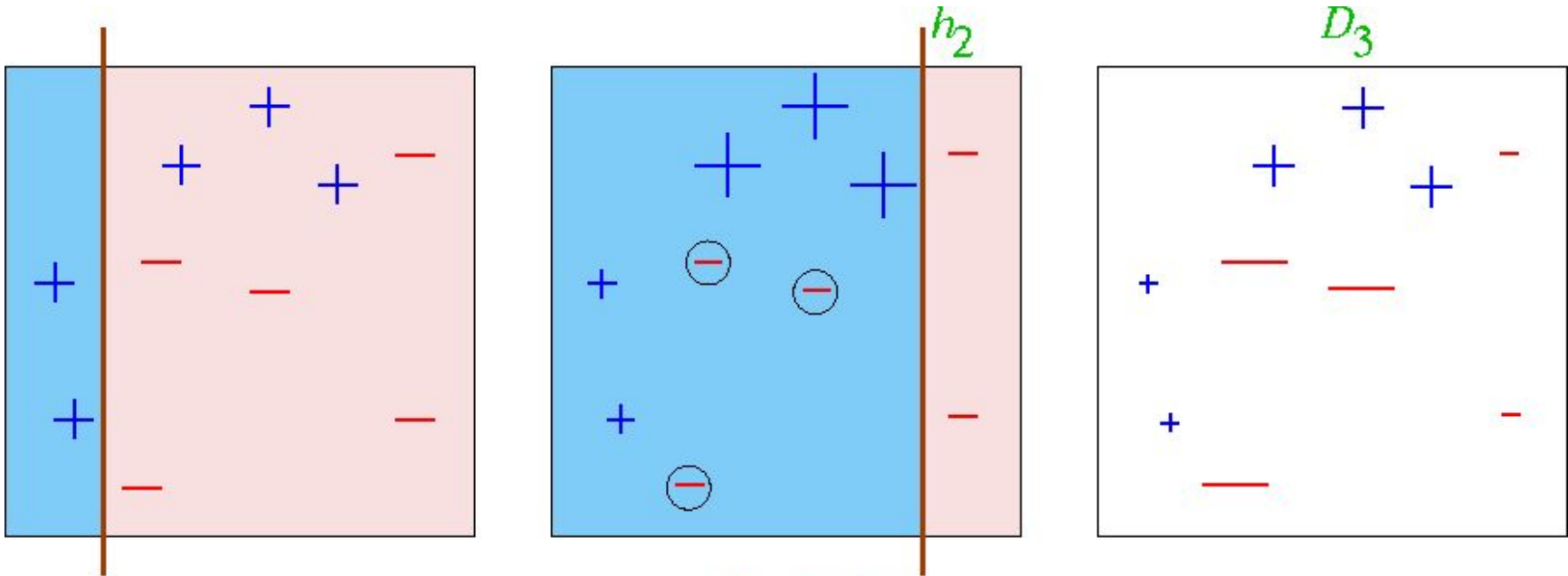
$\epsilon$  = Сумма ошибочных D =

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 - \epsilon_t}{\epsilon_t} \right)$$

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i)}{Z_t} \times \begin{cases} e^{-\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) = y_i \\ e^{\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) \neq y_i \end{cases}$$

$Z_t$  нормализующий фактор, чтобы сумма  $D_1(i)$  была равна 1

# Обучение



$\epsilon$  = Сумма ошибочных D =

$$\alpha_t = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 - \epsilon_t}{\epsilon_t} \right)$$

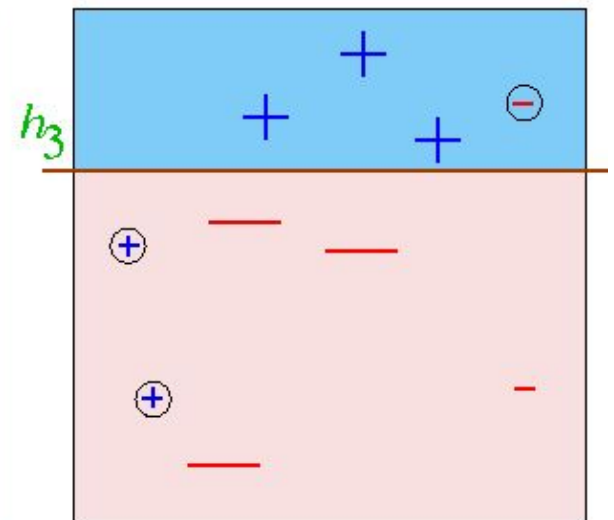
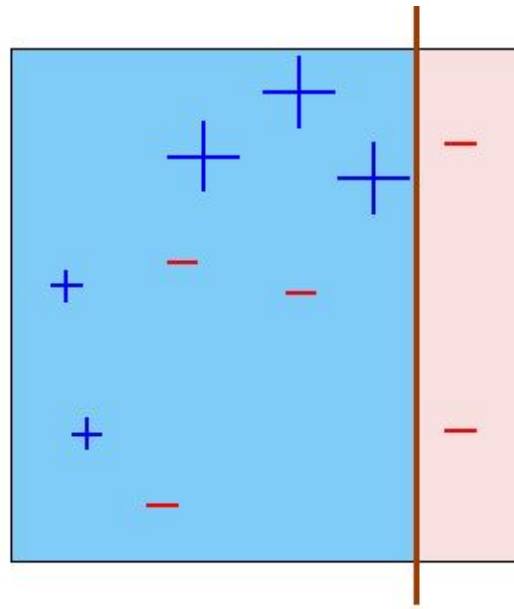
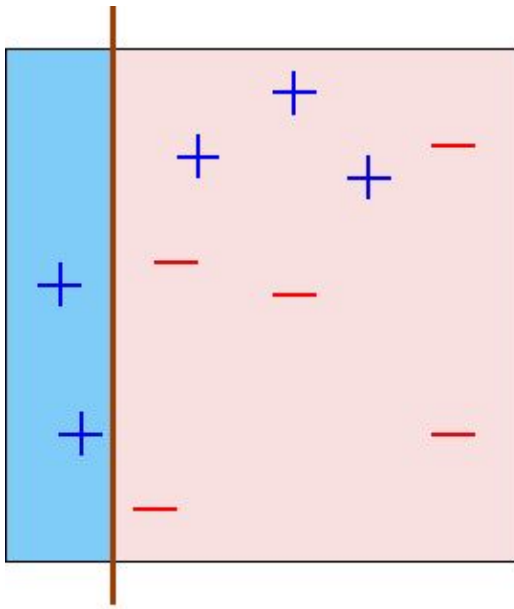
$$\epsilon_2 = 0.21$$

$$\alpha_2 = 0.65$$

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i)}{Z_t} \times \begin{cases} e^{-\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) = y_i \\ e^{\alpha_t} & \text{if } h_t(x_i) \neq y_i \end{cases}$$

$Z_t$  нормализующий фактор, чтобы сумма  $D_t(i)$  была равна 1

# Обучение

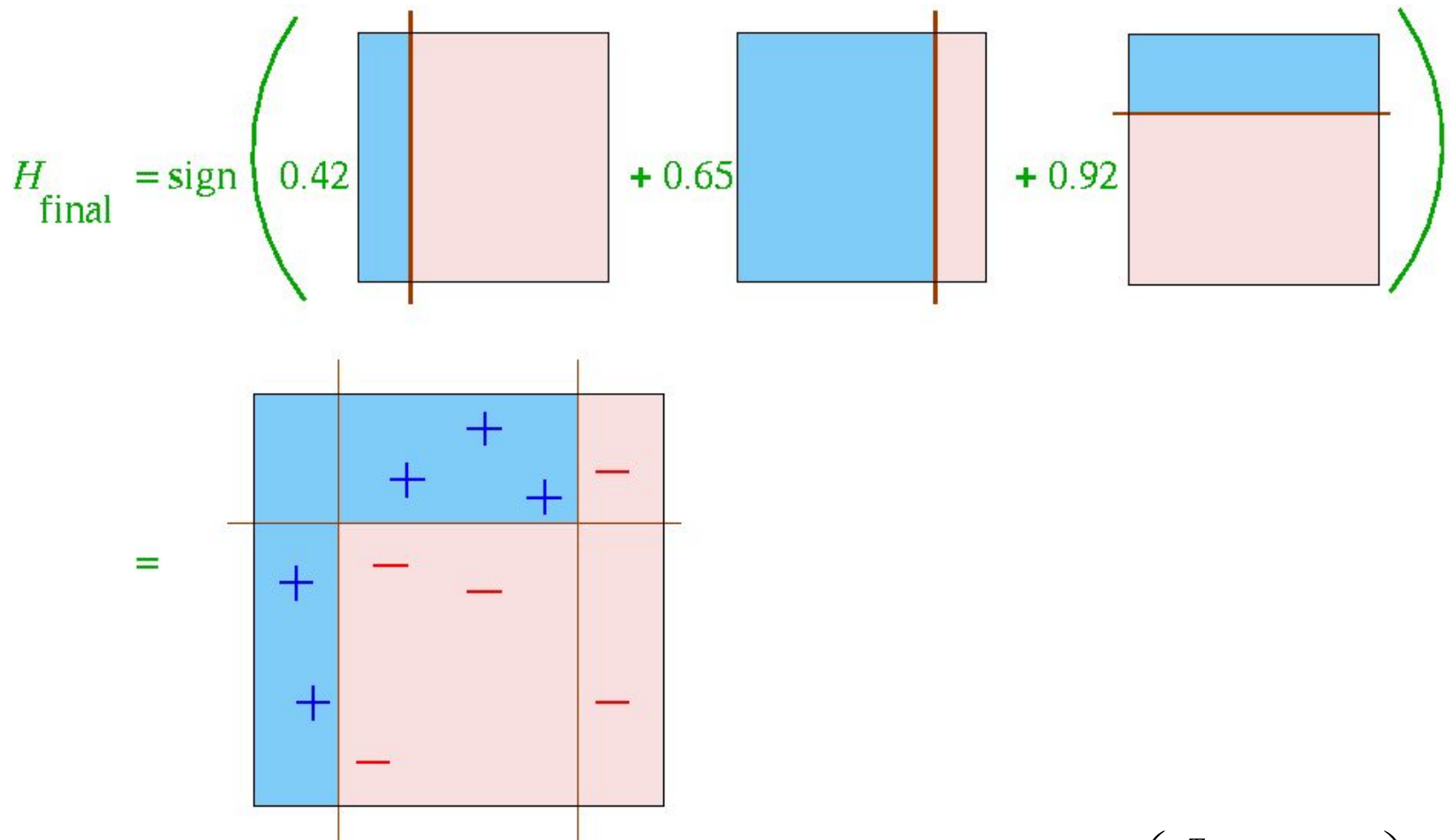


$$\epsilon_3 = 0.14$$

$$\alpha_3 = 0.92$$



# Обучение



- Выходом будет являться  $f(x) = \text{sign} \left( \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \right)$